

На примере представленного исследования рекреационной инфраструктуры трех городов показана возможность и перспективность применения теории графов в сочетании с моделью *каркас - ткань* с целью изучения морфологии городов, взаимосвязей морфологии и отдельных компонентов городской среды. Одновременно очевидна и необходимость дальнейшего совершенствования методики и самой модели графа путем введения дополнительных характеристик.

1. Гутнов А.Э. // Системные исследования. Ежегодник, 1985. М., 1986. С. 211.
2. Hillier B., Hanson J. The Social Logic of Space. Cambridge, 1984.
3. Jiang B., Claramunt C. // Environment and Planning B: Planning and Design. 2004. Vol. 31. P. 151.
4. Cutini V. // Proceedings of the 3rd International Symposium on Space Syntax. Atlanta (GA). May 2001.

Поступила в редакцию 15.12.04.

Алексей Валентинович Бобко - аспирант кафедры экономической географии зарубежных стран. Научный руководитель - кандидат географических наук, доцент кафедры экономической географии зарубежных стран Т.А. Федорцова.

УДК 551.21(4/6)

В.Э. КУТЫРЛО

ЗОНЫ ЗАМЕЩЕНИЯ В КАЛИЙНЫХ ГОРИЗОНТАХ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Zone of replacement sylvinites by stone salt in deposit Starobin are considered. The analysis of hypotheses of genesis of zones of replacement is executed. General provisions of a technique of research of similar zones with help GIS of technologies are offered. Dependence of distribution of zones of replacement on affinity to tectonic infringements is determined.

Зоны замещения сальвинитов каменной солью впервые были обнаружены в 1960 г. В.Д. Фоминой на шахтном поле 1-го рудоуправления Старобинского месторождения калийных солей. Они наблюдаются в основном в пределах II и отчасти III (в приразломных участках) калийных горизонтов. В настоящий момент по II промышленному горизонту накоплена обширная первичная геологическая информация, которая позволит определить критерии прогнозирования зон замещения. В связи с этим данный горизонт был нами выбран в качестве объекта научной рефлексии.

В разрезе горизонта на преобладающей части территории Старобинского месторождения выделяются два сальвинитовых слоя и промежуточный слой каменной соли. На северо-западе месторождения в верхней части разреза прослеживается 3-й сальвинитовый слой.

Нижний сальвинитовый слой представлен чередованием прослоев сальвинитов и каменной соли. Мощность его варьирует от 0,35-0,45 до 1,22-1,25 м и в среднем составляет около 0,88 м. В полном разрезе нижнего слоя выделяется до семи пакетов слоистых сальвинитов, но чаще присутствует шесть. Пакеты представляют собой чередование прослоев сальвинитов и каменной соли и отделяются друг от друга прослоями галопелитов. Наиболее полные строения разрезов наблюдаются на западе Старобинского месторождения, а на востоке - в осевой части Старобинской депрессии. К северу и югу от приосевой зоны полнота разреза сокращается главным образом за счет замещения верхних сальвинитовых пакетов каменной солью. В тектурном отношении выделяются прослой однородной и полосчатой микротекстуры.

Содержание KCl в нижнем сальвинитовом слое колеблется от 22,30 до 49,17 %, составляя в среднем 38,6 %. Максимальные значения KCl приурочены к южной и центральной частям Центрального тектонического блока и восточной части Западного блока; к северу, а в Восточном блоке и к югу от этой зоны происходит снижение концентрации компонента. Содержание нерастворимого остатка (н. о.) колеблется в широких пределах: от 0,71 до 12,04 %, чаще всего составляя 2,0-5,5 %.

Промежуточный слой каменной соли (1-2) мощностью 0,4-0,7 м имеет прослой галопелитов. Окраска светло-серая, розово-серая и серая, структура мелко- и среднезернистая. В нижней части разреза слоя наблюдается достаточно

мощный галопелитовый прослой. Содержание основных компонентов в промежуточном слое каменной соли в среднем составляет (%): NaCl - 86,6; KCl - 2,6; $MgCl_2$ - 0,17; $CaCl_2$ - 0,36; $CaSO_4$ - 1,03; н. о. - 8,5.

Верхний сильвинитовый слой имеет мощность от 0,33 до 1,10 м, в среднем 0,7 м. В его разрезе выделяется до восьми пакетов [1]. Слой такого строения развит только на юго-западе месторождения, на участке, примыкающем с юго-востока к зоне разрывного нарушения между Западным и Центральным блоками.

Сильвиниты верхнего слоя представлены теми же разновидностями, что и нижнего. Содержание KCl в этом слое колеблется от 16-24 до 50 % и в среднем равно 34,5 %; н. о. - от 0,38-1,80 до 7,30-9,42 %, в среднем составляет 3,75 %.

В мировой практике существуют два подхода к исследованию зон замещения: первый, в русле которого работали такие ученые, как И. Хольверд, Р. Хатчинсон, Ф. Бессерт, Я.Я. Яржемский, В.Н. Щербина, А.Е. Ходьков, был направлен на раскрытие генезиса зон замещения, второй подход акцентирует внимание на локализации и морфометрии объекта исследования [2].

Еще в 1960-х гг. ученые отмечали некоторые трудности в объяснении генезиса зон замещения. Так, относительно Старобинского месторождения было выдвинуто сразу несколько генетических гипотез: 1) Я.Я. Яржемский высказал предположение о первично-седиментационном характере изменений в горизонтах калийных солей на Старобинском месторождении по аналогии с зонами замещения Верхнекамского месторождения; 2) В.Н. Щербина [3] связывала возникновение зон замещения с изменением состава солевой массы донных отложений солеродного водоема во время раннего диагенеза; 3) А.Е. Ходьков [4] считал, что зоны замещения возникают в результате воздействия на калийные горизонты рассолов отжимавшихся при уплотнении и обезвоживании соленосных толщ.

Изучая генезис зон замещения, не следует забывать о первичных эмпирических данных, анализ которых стал возможным с развитием компьютерных технологий. Также важен практический результат - прогнозирование зон замещения, а не построение идеализированных схем их происхождения. Несмотря на некоторые сомнения относительно генетических построений в геологии, мы все же взяли за основу предположения А.Е. Ходькова о генезисе зон замещения. Его постседиментационно-миграционная гипотеза, развитая последователями, представляется нам наиболее удачной, более детально проработанной в научном отношении. Основные положения данной гипотезы для Старобинского месторождения, сформулированы и подробно освещены в научных работах В.З. Кислика [5] и Н.С. Петровой, которые в своих исследованиях опирались также на труды К. Адамса, К. Линна и Д. Кейса. Согласно В.З. Кислику, в пределах месторождения во II калийном горизонте существуют зоны двух типов замещения: 1) раннедиагенетического и катагенетического. К первому относятся небольшие по площади зоны протяженностью от 10 до 20-30 м. В плане они имеют округлую форму, субширотно простирающиеся. Из двух сильвинитовых слоев, слагающих нормальный разрез горизонта, каменной солью замещается, как правило, весь нижний сильвинитовый слой, причем контакт каменной соли и сильвинитов нормального разреза четкий. Верхний сильвинитовый слой в большинстве случаев сохраняет нормальное строение, но проседает, образуя пологую синклиналию складку в зоне замещения. Прослои при переходе в складку изгибаются, но их мощность остается прежней. О проседании слоя свидетельствует также образование волокнистого сильвинита в горизонтальных трещинах. Тонкие прослои галопелитов в замещенном нижнем слое залегают неровно, разорваны и смещены, более мощные разбиты трещинами, нередко выполненными сильвином или красным галитом. Крупные зоны замещения протяженностью от 100 до 300-400 м относятся к катагенетическому типу. В плане они имеют округлую форму, простираются в субширотном или субмеридиональном направлении. В этих зонах отмечено замещение обоих слоев, но нижний, как правило, замещен на большой площади. Замещение сильвинитов нижнего слоя чащеобразное, а верхнего не имеет определенной формы. В цен-

тральных частях зон наблюдаются «бугры вспучивания» [6]. Генезис зон замещения связывается В.З. Кисликом с миграцией по тектонически ослабленным зонам агрессивных по хлористому калию и магнию флюидов. В связи с недостаточной изученностью и освоенностью Старобинского месторождения в 1960-х гг. геологам было довольно трудно определить характер зависимости зон замещения от локализации дизъюнктивных нарушений.

За последние десятилетия накоплен определенный материал, который позволяет развить и более детально проработать, а также отчасти верифицировать некоторые положения данной гипотезы на практике при прогнозировании зон замещения на Старобинском месторождении.

Если взять постседиментационно-миграционную гипотезу Ходькова - Кислика за определенный научный базис, то при прогнозировании локализации зон замещения в пределах II и III калийных горизонтов мы предлагаем руководствоваться следующей матрицей признаков:

$$[X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}]$$

где X_1 - расстояние до ближайшего тектонического нарушения; X_2 - глубина залегания калийного горизонта (определение геостатического давления); мощность: X_3 - исследуемого калийного горизонта, X_4 - сильвинитовых слоев, X_5 - соленосных отложений, перекрывающих исследуемый калийный горизонт, X_6 - глинисто-карбонатной пачки, непосредственно подстилающей калийный горизонт; содержание в исследуемом слое: X_7 - NaCl, X_8 - KCl, X_9 - $MgCl_2$, X_{10} - нерастворимого в воде остатка; X_{11} - бром-хлорное отношение подземных вод на локально обводненных участках выше и ниже залегающих по отношению к калийному горизонту глинисто-карбонатных пачек (ГКП) (24, 26 ГКП для II и 12, 14 ГКП для III калийных горизонтов).

Внедрение геоинформационных технологий в науки геологического цикла помогает не только оперативно картировать зоны замещения, но и изучать корреляционные зависимости между признаками, строить последующие уравнения регрессии. Полученные данные позволяют создать модель локализации зон замещения для всей территории месторождения, в том числе для неотработанных участков (в виде карт изохвостов).

На данном этапе исследования нами было проведено определение связи локализации зон замещения и тектонических дизъюнктивных нарушений. Изучение подобной зависимости, по нашему мнению, является важной составляющей для верификации модели Кислика - Ходькова, в которой тектонике отведена существенная роль.

Выделение и прослеживание зон замещений - трудоемкий и связанный с определенными сложностями процесс. Во-первых, контуры зон замещения часто имеют нечеткий, размытый характер по петрографическому, минералогическому и химическому критериям. Уменьшение содержания сильвина (KCl) в слоях II калийного горизонта не дискретное, а постепенное. Во-вторых, горными работами зоны замещения, как правило, полностью не оконтуриваются (особенно вблизи разломов), поэтому на не вскрытых участках границы зон, которые проводились по данным бурения скважин, носят вероятностный характер.

Представленная на нашей модели (рис. 1) локализация зон замещения получена в результате анализа геолого-маркшейдерских планшетов масштаба 1:2000, а на стабильных участках - по планам горных работ масштаба 1:10 000. Для более точного выделения границ использовались карты изоконцентрат, построенные по данным химического, минералогического и петрографического опробования нижнего и верхнего сильвинитовых слоев.

В исследовании учитывались дизъюнктивы, выделенные на основании сейсморазведочных и буровых работ, на особенно сложных участках - непосредственно по данным горных работ. Трассировка дизъюнктивов приведена согласно современной «кулисной» концепции. В анализ включались тектонические нарушения с амплитудой смещения крыльев по вертикали более 2 м.

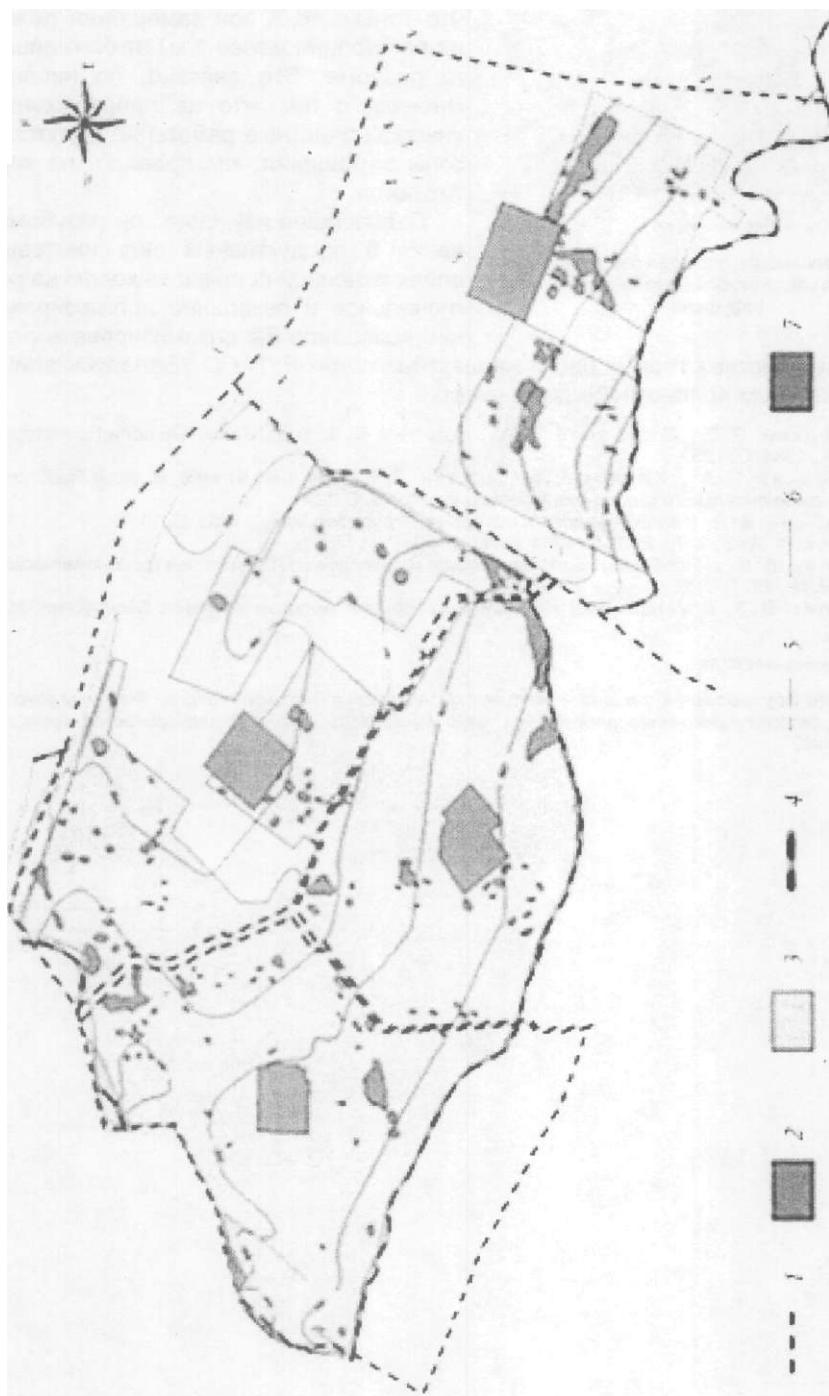


Рис. 1. Современная модель локализации зон замещения на Старобинском месторождении калийных солей в пределах второго калийного горизонта (отработанные участки):
 1 – границы шахтных полей, 2 – шахтные целики, 3 – шахтные целики, 4 – отработанные участки, 4 – граница выклинивания II калийного горизонта, 5 – тектонические разломы, 6 – стратозиогипсы по поверхности II калийного горизонта, 7 – зоны замещения

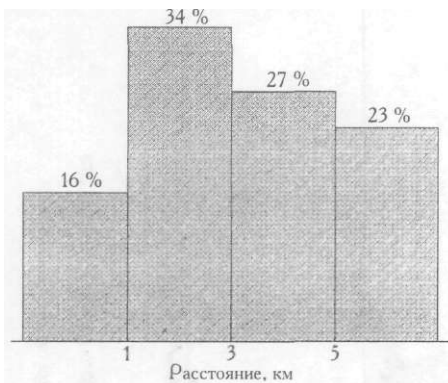


Рис. 2. Зависимость площади зон замещения от расстояния до ближайшего тектонического нарушения

В итоге исследования нами были получены интересные результаты, отраженные на рис. 2. Зависимость площади зон замещения от расстояния до ближайшего дизъюнктива показывает, что только 16% зон замещения лежат на расстоянии менее 1 км от ближайшего разлома. Это связано, по нашему мнению, с тем, что на приразломных участках очистные работы не ведутся и зоны замещения, как правило, не картируются.

Дальнейшее изучение зон разубоживания в продуктивных сильвинитовых слоях каменной солью с выходом на региональное и локальное прогнозирование позволило бы оптимизировать планирование очистных горных работ на шахтных полях РУП ПО «Беларуськалий» и перспективном Краснослободском участке.

1. Гарецкий Р.Г., Высоцкий Э.А., Кислик В.З. и др. Калийные соли Припятского прогиба. Мн., 1984. С. 125.
2. Высоцкий Э.А., Кислик В.З., Седун Э.В., Вишневский В.Н. // Проблемы морского и континентального галогенеза. Новосибирск, 1988. С. 111.
3. Щербина В.Н. // Калийные соли и методы их переработки. Мн., 1963. С. 14.
4. Ходьков А.Е. // Тр. ВНИИГ. 1964. № 46. С. 56.
5. Кислик В.З. // Проблемы прогноза, поисков и разведок месторождений горно-химического сырья СССР. М., 1971. С. 209.
6. Кислик В.З. // Материалы I Научной конференции молодых геологов Белоруссии. Мн., 1965. С. 181.

Поступила в редакцию 02.05.05.

Виталий Эдуардович Кутырло - аспирант кафедры динамической геологии. Научный руководитель - доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры динамической геологии Э.А. Высоцкий.